FUNCIONAMIENTO DEL TÚNEL DE SECADO TÉRMICO DE FANGOS DE LA EDAR DE IBI (ALICANTE)

José Juan MORENILLA MARTÍNEZ
Dr. Ingeniero industrial
Ignacio BERNÁCER BONORA
Licenciado en Farmacia
José Mª SANTOS ASENSI
Ingeniero Industrial
Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales
COMUNIDAD VALENCIANA
Jacinto MUÑOZ ROBLEDILLO
Ingeniero Técnico Industrial
INGENIERÍA ALICANTINA. S.A. (GRUPO TYPSA)

Resumen

El presente artículo analiza las cuestiones técnicas y económicas relativas al funcionamiento del túnel de secado térmico de fangos instalado en la EDAR de Ibi (Alicante). La inversión en la construcción del secado térmico se justifica por los altos costes que suponía el tratamiento de los fangos debido al gran contenido en metales pesados que presentan, lo cual provoca que deban ser gestionados como residuo peligroso.

En la instalación construida, la energía térmica necesaria para el secado se puede aportar de dos formas: mediante el empleo de bombas de calor, o mediante el aprovechamiento del calor producido en el sistema de cogeneración.

Con esta instalación de la EDAR además de reducir en un 66% el volumen de lodos producido, se cuenta con un sistema autónomo de energía que permite incluso exportar a la red el 58% de la que se genera. Por tanto, está prácticamente garantizado el suministro eléctrico de la EDAR con la consiguiente mejora en la disponibilidad de la instalación.



Vista general del túnel de secado térmico

Introducción

La estación depuradora de aguas residuales de Ibi entró en servicio el año 1993. Inicialmente. la línea de agua contaba con un tratamiento físico-químico, mientras que los fangos recibían un tratamiento químico de estabilización mediante adición de cal y posterior deshidratación en filtros banda. La sequedad media obtenida bajo estas condiciones de funcionamiento era del 28%.

Debido a la importancia de la industria del juguete, los fangos contienen una alta concentración de metales pesados, lo cual impide su aplicación en agricultura, debiendo ser tratados como residuos peligrosos con el consiguiente incremento de los costes de explotación. Esta circunstancia, unida a la necesidad de completar el tratamiento de las aguas para su vertido en zona catalogada como sensible, motivó la reforma de la depuradora, finalizada en el año 2002, habiéndose construido los siguientes elementos:

· Tratamiento biológico con eliminación de nutrientes;
· Desinfección del agua tratada mediante radiación ultravioleta; e
· Instalación de un secado térmico de lodos por convección a baja temperatura.

PARÁMETROS	CARÁCTERÍSTICAS
Fuentes de energía térmica primaria:	
Fuente de energía 1 (bombas de calor)	4 máquinas térmicas de compresión directa
Fuente de energía 2 (sistema de cogeneración)	Instalación de cogeneración constituida por 2 motores Diesel. Potencia total instalada: 640 kW
Capacidad nominal de evaporación	500 l/h
Producción diaria de fangos deshidratados	15.200 kg/día
Sequedad de fangos deshidratados	25 %
Producción diaria de fangos secados	4.500 kg/día
Sequedad en fangos secos	85 %
Volumen de agua a evaporar	10.830 l agua/día
Capacidad de secado de fango	708 kg /h

Tabla 1. Parámetros de diseño del túnel de secado térmico de lodos.

Descripción del secado térmico de lodos

El secado térmico de lodos a baja temperatura Instalado en la EDAR de Ibi se basa en el principio de secado por convección de aire caliente en túnel cerrado y continuo, efectuándose el aporte del calor necesario para el secado de los lodos mediante dos fuentes alternativas: * bombas de calor, y " aprovechamiento del calor generado en los circuitos de refrigeración del bloque motor y gases de escape de dos motores diesel.

En la tabla 1, se indican los parámetros de diseño del secado térmico de lodos, y en la figura 1 pueden verse los elementos de la unidad de tratamiento.

Los principales elementos del túnel de secado térmico son:
· Tomillo de carga y tornillo repartidor a extrusoras. Ambos elementos conectados en serie, recogen y transportan el fango deshidratado de los filtros banda (almacenado en una arqueta o muelle de carga), hasta las extrusoras.
· Extrusoras. Previamente al extendido del fango deshidratado en las cintas, el fango debe ser distribuido uniformemente a lo largo de las mismas. Así mismo, debe ser conformado de tal forma, que la geometría, longitud y espesor del mismo a la salida de las extrusoras permitan su correcto secado (fotos 1 y 2).
· Cintas de tracción. Estos elementos recogen el fango deshidratado a la salida de las extrusoras y lo transportan horizontalmente a través del túnel de secado térmico, donde una corriente de aire caliente y seco a 65 °C, forzado por los ventiladores interiores, incide perpendicularmente a las cintas. El aire caliente y seco a su paso por las cintas, absorbe la humedad del fango en proceso de tratamiento, convirtiéndose en aire húmedo (aire seco + vapor de agua) a 57 °C. Posteriormente, el aire húmedo será enfriado, deshumectado, calentado y recirculado nuevamente a través de las cintas.

· Cepillos de limpieza. Estos elementos permiten la limpieza continua de las cintas de tracción.
· Husillos de descarga. El fango secado térmicamente, es transportado y elevado mediante un sistema de tornillos hasta la tolva de almacenamiento.

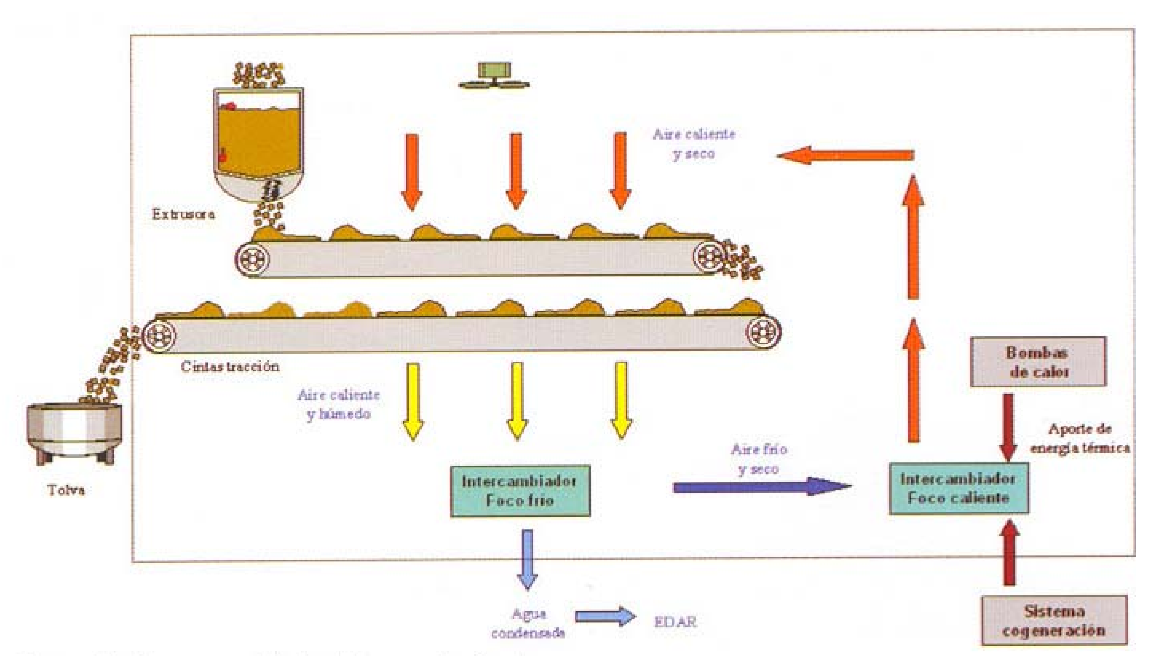


Figura 1. Elementos del túnel de secado térmico.

Funcionamiento del secado térmico según la fuente de energía calorífica

Según se ha visto anteriormente, el funcionamiento del túnel de secado térmico, exige una fuente de calor o foco caliente, que permita disponer de aire caliente y seco a una temperatura de 65 °C. En el secado térmico de la EDAR de Ibi, los sistemas térmicos que permiten aportar dicha energía son los siguientes;

· Bombas de calor, e
· Instalación de cogeneración.
A continuación se explica el funcionamiento específico de cada uno de estos sistemas.



Foto 1. Detalle de las extrusoras nº 1 y nº 2 para el conformado de fangos y carga de cintas.

Funcionamiento del secado térmico mediante bombas de calor

El túnel de secado térmico de Ibi está constituido por dos módulos idénticos conectados en serie, cada uno de ellos formando un sistema independiente del otro, y constituido por los siguientes elementos:

· Circuito de agua caliente. Circuito de agua que sirve para la transmisión térmica de calor, desde el condensador de la maquina térmica hasta el intercambiador de calor existente en el interior del túnel de secado (batería de intercambio de foco caliente). El aire, a su paso por este elemento, alcanza la temperatura nominal de trabajo de 65 ºC.
· Circuito de agua Iría. Circuito de agua que sirve para la obtención de la temperatura de rocío en el segundo ínter-cambiador dispuesto en el interior del túnel de secado (batería de intercambio de foco frío). El aire caliente y seco a 65 ºC a su paso por las cintas de tracción, se convierte en una mezcla de aire seco más vapor de agua (aire húmedo). El aire húmedo al entrar en contacto con el intercambiador de foco frío, desciende su temperatura hasta el punto óptimo para la condensación del vapor de agua. El agua condensada en este elemento es eliminada posteriormente del sistema (fotos 3 y 4). En este segundo intercambiador, además de producirse la temperatura necesaria para la condensación del vapor de agua, sirve adicionalmente para transmitir la energía térmica disponible en el aire húmedo hacia la máquina térmica nuevamente. En estas condiciones, se tiene un circuito cerrado, continuo y con mínima pérdida de calor.
· Máquina térmica de compresión directa con gas Freón R-134- como fluido refrigerante. Este sistema sirve para la transmisión de energía térmica entre los circuitos de agua fría y caliente. Los parámetros medios de funcionamiento obtenidos en el secado térmico con las bombas de calor son los siguientes:

Sequedad de entrada 28 (%)
Sequedad de salida 83 (%)
Reducción masa de lodos 66 (%)
Consumo 0,51 (kWh/l evaporado)
Consumo 0,35 (kWh/kg Iodo entrada)
Evaporación media 416 (I/H)



Foto 2. Detalle del conformado de fangos y cinta de tracción.

Funcionamiento del secado térmico con los equipos de cogeneración

El funcionamiento del túnel de secado térmico acoplado al sistema de cogeneración es básicamente igual que el modo de trabajo empleando las bombas de calor. Así, la única variante que existe en esta modalidad de trabajo es que la potencia térmica necesaria es aprovechada del calor residual de los dos motores de combustión existentes mediante los siguientes circuitos:

· Circuito de agua de refrigeración de los motores de combustión. Se trata del circuito de refrigeración de cualquier motor de combustión si bien, en este caso, se dispone de un intercambiador intermedio que permite transmitir el calor generado en el bloque motor hacia un circuito secundario de agua.
· Circuito de aprovechamiento de tos gases de escape. Este circuito canaliza los gases de escape del motor hacia un segundo intercambiador, donde la potencia térmica de los mismos es transmitida al circuito secundario de agua procedente del intercambiador que aprovecha la energía del circuito de refrigeración.
· Circuito de agua caliente para la aumentación del túnel de secado térmico. Este circuito permite transmitir la potencia térmica recuperada del circuito de refrigeración, mas la potencia térmica recuperada del intercambiador de los gases de escape, hacia las baterías de intercambio del foco caliente del túnel de secado térmico.
· Circuitos auxiliares. Estos circuitos sirven para la alimentación de combustible de los motores y para la refrigeración de los gases de escape, antes de su entrada en los turbo-compresores.

Los parámetros medios de funcionamiento obtenidos en el secado térmico acoplado al sistema de cogeneración son los siguientes:

Sequedad de entrada 28 (%)
Sequedad efe salida 83(%)
Reducción masa de lodos 66 (%)
Consumo gasoil 363 (l/m^3 evaporado)
Consumo gasoil 242 (l/t lodo entrada)
Evaporación media 433 (l/h)
Energía generada 1,42 (kWh/l evaporado)


Foto 3. Agua condensada a la salida del túnel de secado.

Costes de explotación del secado térmico

Una vez vistas las alternativas técnicas para el aporte de calor al secado térmico de lodos (bombas de calor o sistema de cogeneración], y teniendo en cuenta que ambas aportan prácticamente la misma potencia térmica, el funcionamiento mediante la instalación de cogeneración presenta una serie de ventajas frente al funcionamiento con las bombas de calor:

· Paralelamente a la producción de potencia térmica, la instalación de cogeneración genera energía eléctrica, la cual es aprovechada para el funcionamiento de la estación depuradora.
· El excedente de energía eléctrica generada por los equipos de cogeneración y no consumida en la estación depuradora, es vendida a la red de distribución de la compañía eléctrica, conforme a la normativa legal existente al respecto.
· En caso de interrupción del suministro de energía eléctrica por parte de la compañía suministradora, la instalación de cogeneración permite dotar de una mayor flexibilidad y fiabilidad de funcionamiento a la estación depuradora, dado que se puede trabajar con total independencia de la red de distribución.

La desventaja que presenta la instalación de cogeneración respecto al empleo de las bombas de calor, es que su viabilidad económica depende de las variaciones existentes en el precio de suministro de gasoil así corno de los precios de venta de energía eléctrica a la empresa suministradora.

La existencia de un sistema alternativo de aporte de energía térmica mediante bombas de calor concede a la instalación una mayor flexibilidad de funcionamiento frente a averías u operaciones de mantenimiento, del mismo modo que en caso de variaciones bruscas en el precio de suministro de gasoil permite asegurar unos costes ajustados de tratamiento de los lodos.

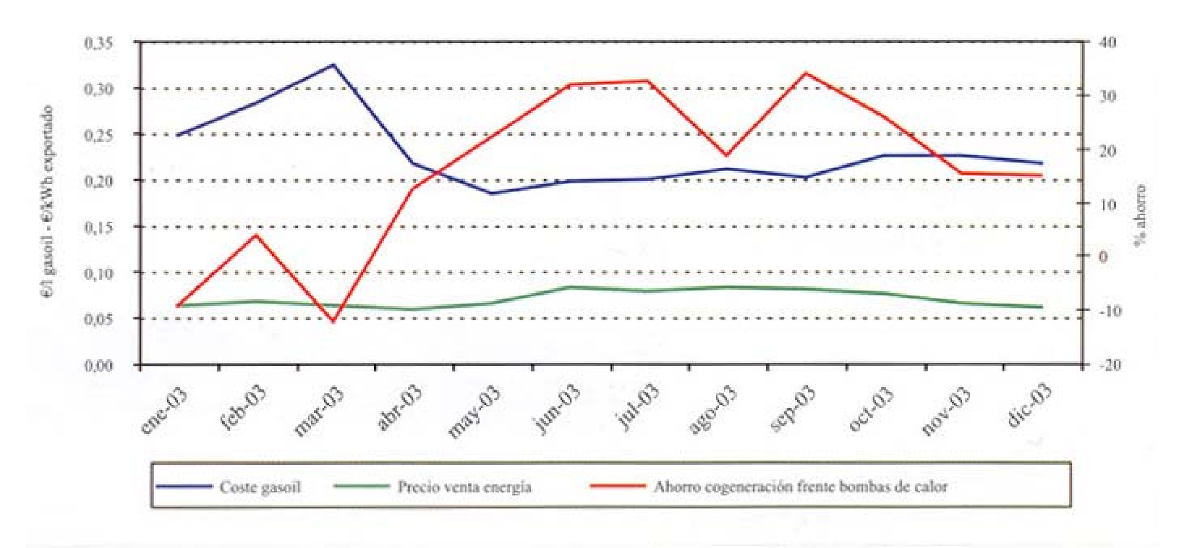
En la tabla 2 se recogen los costes de tratamiento y evacuación de los lodos de la depuradora de Ibi, teniendo en cuenta las siguientes hipótesis de trabajo:

· Transporte y evacuación de fango deshidratado procedente de los filtros banda, sin secado térmico;
· Transporte y evacuación de fango deshidratado tratado en el túnel de secado térmico, funcionando con bombas de calor; y
· Transporte y evacuación de fango deshidratado tratado en el túnel de secado térmico, funcionando con la instalación de cogeneración.

Tipo de tratamiento	Fango a evacuar (t/año)	Coste Tratamiento (/año)	Coste Evacuación (/año)	Coste total (/año)
Sin secado térmico	2.331	-	339.323,67	339.323,67
Con secado térmico (bombas de calor)	787	48.554,73	114.563,59	163.118,32
Con secado térmico (cogeneración)	787	21.468,51	114.563,59	136.032,10

Tabla 2. Comparativa de costes de tratamiento y evacuación de lodos en la EDAR de Ibi

En la tabla 2, correspondiente a los costes medios del ejercicio 2003, se observa que la alternativa económicamente más ventajosa es el funcionamiento del secado térmico acoplado al sistema de cogeneración, si bien la rentabilidad del sistema de cogeneración está condicionada, tal como se ha comentado anteriormente, por las variaciones del coste de suministro de gasoil y, en menor medida, de los precios de venta de energía a la empresa suministradora, tal como se observa en el gráfico 1.



Gráfica 1. Variaciones en el coste de suministro de gasoil y precios de venta de energía.

Finalmente, y a modo de resumen, se establece el ahorro económico que supone el secado térmico en los costes de tratamiento y evacuación de lodos.

Dicho ahorro supone un periodo de amortización para el túnel de secado térmico de lodos de 4,9 años, mientras que para las instalaciones de cogeneración se incrementa hasta los 17,8 años, si bien la disponibilidad de los motores instalados como grupo electrógeno de emergencia supone una notable mejora en la fiabilidad de funcionamiento de la depuradora.

	Ahorro	
	/año	%
Secado con bombas de calor frente a la evacuación directa de los lodos	176.205,35	52
Secado con cogeneración frente a la evacuación directa de los lodos	203.291,57	60
Secado con cogeneración, frente a secado con bombas de calor	27.086,22	17

Tabla 3. Ahorro económico.

Conclusiones

La implantación y funcionamiento del túnel de secado térmico de fangos en la EDAR de Ibi ha supuesto un importante ahorro económico en los costes de explotación, al reducirse en un 60% el coste de transporte y tratamiento de los lodos. Así mismo, cabe destacar la notable mejora medioambiental conseguida, al reducirse en torno al 66% el volumen de fangos a evacuar.



Foto 4. Fango secado térmicamente y agua eliminada del mismo.

El aporte del calor necesario para el secado térmico de lodos se puede efectuar mediante el empleo de bombas de calor o el acoplamiento del sistema de cogeneración existente, siendo ésta última la opción económicamente más ventajosa. Asimismo. al tener dos sistemas alternativos de aporte de energía térmica la instalación está dotada de una mayor flexibilidad y fiabilidad de funcionamiento.

La viabilidad económica del sistema de cogeneración está condicionada por las variaciones existentes en el coste del suministro de gasoil y en los precios de venta de energía a la red eléctrica. En todo caso, los motores existentes permiten asegurar el suministro de energía eléctrica a todos los equipos de la depuradora en caso de corte en el suministro.



Vista lateral del túnel de secado térmico de fangos.

Bibliografía

Sistemas de Transferencia de calor, S.A. 2001. Manual de usuario secado térmico EDAR Ibi. Tomos I y II. 1- Edición.

M. Muñoz y F. Payri. 1989. Motores de combustión interna alternativos. Sección de publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales. Fundación General Universidad Politécnica de Madrid. 3ª Edición.

Enrique Torrella Alcaraz. 1996. La producción de frío. E.T.S de Ingenieros Industriales. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

P. J. Rapln. 1986. Instalaciones frigoríficas. Tomos I y II. 3- Edición. Marcombo Boixareu Editores.